

## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **A. Pengertian Air dan Karateristiknya**

##### **1. Air**

Air adalah substansi yang memungkinkan terjadinya kehidupan seperti yang ada di bumi. Seluruh organisme sebagian besar tersusun dari air dan hidup dalam lingkungan yang didominasi oleh air. Air adalah medium yang biologis di bumi ini. Air adalah satu-satunya substansi umum yang ditemukan di alam dalam tiga wujud fisik materi yaitu padat, cair dan gas.<sup>1</sup>

Air merupakan suatu sarana utama untuk meningkatkan derajat kesehatan masyarakat, karena air merupakan salah satu media dari berbagai macam penularan, terutama penyakit perut. Air adalah salah satu diantara pembawa penyakit yang berasal dari tinja untuk sampai pada manusia.<sup>2</sup>

##### **2. Karakteristik Air**

Air menutupi 70% permukaan bumi dengan jumlah sekitar 1.368 juta Km<sup>3</sup> air terdapat dalam berbagai bentuk, misalnya uap air, es, cairan dan salju. Air tawar terutama terdapat di sungai, danau, air tanah, (*ground water*), dan gunung es (*glacier*). Semua badan air di daratan dihubungkan dengan laut dan atmosfer melalui siklus hidrologi

---

<sup>1</sup> Campbell, *Biologi Edisi Kelima-jilid 1*, Jakarta: Erlangga, 2002, h.40

<sup>2</sup> Totok Sutrisno, *Teknologi Penyediaan Air Bersih*, Jakarta: PT Rineka Cipta, 1987, h.1

yang berlangsung secara kontinu. Air memiliki karakteristik yang khas yang tidak dimiliki oleh senyawa kimia yang lain yakni, memiliki kisaran suhu yang sesuai bagi kehidupan, yaitu  $0^{\circ}$  ( $32^{\circ}$  F) -  $100^{\circ}$  C, air berwujud cair. Suhu  $0^{\circ}$ C merupakan titik beku (*freezing point*) dan suhu  $100^{\circ}$ C merupakan titik didih (*boiling point*) air. Tanpa sifat tersebut, air yang terdapat di dalam jaringan tubuh makhluk hidup maupun air yang terdapat di laut, sungai, danau dan badan air yang lain akan berada dalam bentuk gas atau padatan, sehingga tidak akan ada kehidupan di muka bumi ini, karena sekitar 60% - 90% bagian sel makhluk hidup adalah air.<sup>3</sup>

Perubahan suhu air yang berlangsung lambat memiliki sifat sebagai penyimpan panas yang sangat baik. Air memerlukan panas yang tinggi dalam proses penguapan. Penguapan (evaporasi) adalah proses perubahan air menjadi uap air. Proses ini memerlukan energi panas dalam jumlah besar. Sebaliknya, proses perubahan uap air menjadi cairan (kondensasi) melepaskan energi panas yang besar. Proses inilah yang merupakan salah satu penyebab mengapa pada saat berkeringat tubuh terasa sejuk dan merupakan penyebab terjadinya penyebaran panas yang baik di bumi. Selain itu air juga merupakan suatu pelarut yang baik, air mampu melarutkan berbagai jenis senyawa kimia. Air memiliki tegangan permukaan yang tinggi, suatu cairan dikatakan memiliki permukaan tegangan yang tinggi jika tekanan

---

<sup>3</sup> Hefni Effendi, *Telaah Kualitas Air*, Yogyakarta: PT Kanisius, 2003, h. 22

antar-molekul cairan tersebut tinggi. Tegangan permukaan yang tinggi menyebabkan air memiliki sifat membasahi suatu bahan secara baik (*higher wetting ability*).<sup>4</sup>

Kepadatan (*density*) air, seperti halnya wujud juga tergantung dari temperatur dan tekanan barometris (P). Pada umumnya densitas meningkat dengan menurunnya temperatur, sampai tercapai maksimum pada 4<sup>0</sup> C. Sekalipun demikian, temperatur ini akan mudah berubah, hal ini tampak pada *specific heat* air, yakni angka yang menunjukkan jumlah kalori yang diperlukan untuk menaikkan suhu satu gram air satu derajat celsius. *Specific heat* bagian air adalah 1/gram/<sup>0</sup>C, suatu angka yang sangat tinggi dibandingkan dengan *spescific heat* lain-lain elemen di alam. Dengan demikian, transfer panas dari dan ke air tidak banyak menimbulkan perubahan temperatur. Kapasitas panas yang besar ini menyebabkan efek stabilisasi badan air terhadap keadaan udara sekitarnya, hal ini sangat penting untuk melindungi kehidupan aquatik yang sangat sensitif terhadap gejolak suhu.<sup>5</sup>

Tegangan permukaan yang tinggi juga memungkinkan terjadinya sistem kapiler, yaitu kemampuan untuk bergerak dalam pipa kapiler (pipa dengan lubang yang kecil). Adanya sistem kapiler dan sifat sebagai pelarut yang baik, air dapat membawa nutrisi dari dalam tanah ke jaringan tumbuhan (akar, batang dan daun).

---

<sup>4</sup> *Ibid* . h.23

<sup>5</sup> Juli Soemirat Slamet, *Kesehatan Lingkungan*, Jakarta: Gadjah Mada University Press, 2009, h.83

Air juga merupakan satu-satunya senyawa yang merenggang ketika membeku. Pada saat membeku, air merenggang sehingga es memiliki nilai densitas (massa/volume) yang lebih rendah daripada air.<sup>6</sup>

Air tawar yang tersedia selalu mengalami siklus hidrologi. Pergantian total (*replacement*) air sungai berlangsung sekitar 18-20 tahun, sedangkan pergantian uap air yang terdapat di atmosfer berlangsung sekitar dua belas hari dan pergantian air tanah dalam (*deep groundwater*) membutuhkan waktu ratusan tahun. Air tawar yang dapat dikonsumsi tersebar secara tidak merata karena adanya perbedaan curah hujan (presipitasi) tahunan. Siklus hidrologi air tergantung pada proses evaporasi dan presipitasi. Air yang terdapat di permukaan bumi berubah menjadi uap air di lapisan atmosfer melalui proses evaporasi air sungai, danau dan laut. Serta proses evatranspirasi atau penguapan oleh tanaman dan akan membentuk awan kemudian oleh faktor angin awan akan berakumulasi dan akan mengalami sublimasi, sehingga terbentuk butiran-butiran air hujan.<sup>7</sup>

### 3. Karakteristik Badan Air

Badan air dicirikan oleh tiga komponen utama, yaitu komponen hidrologi, komponen fisika-kimia, dan komponen biologi. Penilaian kualitas suatu badan air harus mencakup ketiga komponen tersebut.<sup>8</sup>

---

<sup>6</sup> Hefni Effendi, *Telaah Kualitas Air*, Yogyakarta: PT Kanisius, 2003, h. 24

<sup>7</sup> *Ibid*, h.26

<sup>8</sup> *Ibid*, h.30

Dalam siklus hidrologis ini dapat dilihat adanya berbagai sumber air tawar yang dapat diperkirakan kualitas dan kuantitasnya, diantaranya adalah Air permukaan, Air tanah, Air angkasa.<sup>9</sup>

a. Air Permukaan (*Surface Water*)

Air permukaan adalah air yang berada di sungai, danau, waduk, rawa dan badan air lain, yang tidak mengalami infiltrasi ke bawah tanah. Areal tanah yang mengalirkan air ke suatu badan air disebut *watersheds* atau *drainage basins*. Air yang mengalir dari daratan menuju suatu badan air disebut limpasan permukaan (*surface run off*), dan air yang mengalir di sungai menuju laut disebut aliran air sungai (*river run off*). Sekitar 69 % air yang masuk ke sungai berasal dari hujan, pencairan es/salju dan sisanya berasal dari air tanah. Wilayah di sekitar daerah aliran sungai yang menjadi tangkapan air disebut *catchment basin*.<sup>10</sup>

Air hujan yang jatuh ke bumi dan menjadi air permukaan memiliki kadar bahan-bahan terlarut atau unsur hara yang sangat sedikit, bersifat asam, dengan pH 4,2. Hal ini disebabkan air hujan melarutkan gas-gas yang terdapat di atmosfer, misalnya gas karbondioksida (CO<sub>2</sub>), Sulfur (S) dan Nitrogen Oksida (NO<sub>2</sub>) yang dapat membentuk asam lemah. Setelah jatuh ke permukaan bumi, air hujan mengalami kontak dengan tanah dan melarutkan bahan-

---

<sup>9</sup> Juli Soemirat Slamet, *Kesehatan Lingkungan*, Jakarta: Gadjah Mada Universiti Press, 2009, h.82

<sup>10</sup> Hefni Effendi, *Telaah Kualitas Air*, Yogyakarta: PT Kanisius, 2003, h.30

bahan yang terkandung di dalam tanah. Perairan permukaan diklasifikasikan menjadi dua kelompok utama, yaitu badan air tergenang (*standing water* atau lentik) meliputi: danau, kolam, waduk (*reservoir*), rawa (*wetland*) dan badan air mengalir (*flowing water* atau lotik). Salah satu contoh perairan mengalir adalah sungai, sungai dicirikan oleh arus yang searah dan relatif kencang dengan kecepatan berkisar antara 0,1-1,0 m/detik serta sangat dipengaruhi oleh waktu, iklim dan pola drainase.<sup>11</sup>

b. Air Tanah (*groundwater*)

Air tanah merupakan air yang berada di bawah permukaan tanah. Air tanah ditemukan pada akifer. Pergerakannya sangat lambat, kecepatan arus berkisar  $10^{-10} - 10^{-3}$  m/detik dan dipengaruhi oleh porositas permeabilitas dari lapisan tanah dan pengisian kembali air (*recharge*). Karakteristik utama yang membedakan air tanah dari air permukaan adalah pergerakan yang sangat lambat dan waktu tinggal (*residence time*) yang sangat lama, dapat mencapai puluhan bahkan ratusan tahun. Karena pergerakan yang sangat lambat dan waktu tinggal yang lama tersebut, air tanah akan sulit untuk pulih kembali jika mengalami pencemaran.<sup>12</sup>

Air dalam tanah dapat dibedakan atas empat golongan diantaranya: air mengalir, air kapiler, air senyawa dan mata air. Air

---

<sup>11</sup> *Ibid*, h.31-42

<sup>12</sup> *Ibid*, h.44

mengalir, terdapat di tanah setelah turun hujan atau genangan dari serokan atau sungai. Air ini kemudian akan turun ke lapisan bawah oleh gaya gravitasi sampai pada lapisan batuan yang tak tembus air. Aliran air ini akan dipercepat jika tanah longgar, berpasir atau di lereng. Air kapiler, melekat ke butiran tanah dan inilah yang dipergunakan tanaman. Air senyawa, ialah air yang berada dalam senyawa mineral. Air jenis ini tak dapat dipergunakan langsung oleh tanaman.<sup>13</sup>

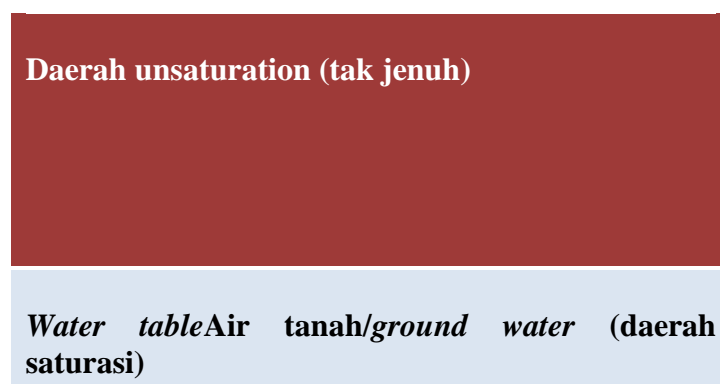
Air tanah dangkal dan air permukaan dapat berkualitas baik jika tanah sekitarnya tidak tercemar, oleh karenanya air permukaan dan air tanah dangkal sangat bervariasi kualitasnya. Air permukaan dapat mengandung banyak zat organik yang mudah terurai yang merupakan makanan bagi bakteri. Kesemuanya ini sangat mempengaruhi kualitas air tersebut. Air tanah dalam pada umumnya tergolong bersih dilihat dari segi mikrobiologis, karena sewaktu proses pengaliran air mengalami penyaringan alami dan dengan demikian kebanyakan mikroba sudah tidak lagi terdapat di dalamnya. Namun demikian, kadar kimia air tanah dalam ataupun yang artetis tergantung sekali dari formasi litosfer yang dilaluinya. Pada proses ini mineral-mineral yang dilaluinya dapat larut dan terbawa, sehingga mengubah kualitas air tersebut.<sup>14</sup>

---

<sup>13</sup> Wildan Yatim, *Biologi Modern*, Bandung: Tarsito, 1987, h.194

<sup>14</sup> Juli Soemirat Slamet, *Kesehatan Lingkungan*, Jakarta: Gadjah Mada University Press, 2009, h.82

Daerah saturasi (*zone of saturation*) yang berada di bawah tanah dan terisi oleh air, yang setiap pori tanah dan batumannya terisi oleh air, yang merupakan air tanah. Batas atas daerah saturasi disebut *water table*, yang merupakan peralihan antara daerah saturasi yang banyak mengandung air dan daerah belum saturasi/jenuh (*unsaturated/vadose zone*) yang belum mampu menyerap air. Jadi, air tanah berada di bagian bawah *unsaturation vadose zone*, seperti terlihat pada Gambar 2.1 berikut:



**Gambar 2.1. Penampang Melintang Tanah dan Posisi Air Tanah (*Groundwater*)**

Kemampuan tanah dan batuan dalam menahan air tergantung pada sifat porositas dan permeabilitas tanah. Adapun karakteristik sifat tanah ditunjukkan dalam Tabel 2.1 berikut ini:



**Tabel 2.1 Karakteristik fisika dan kimia tanah dengan tekstur yang berbeda**

Tekstur tanah	Kapasitas penahanan nutrient	Infiltrasi air	Kapasitas penahanan air	Aerasi
1. Tanah liat/ pekat (clay)	Baik	Jelek	Baik	Jelek
2. Lumpur (slit)	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang
3. Pasir (sand)	Jelek	Baik	Jelek	Baik
4. Tanah liat/ gemuk (loam)	Sedang	Sedang	Sedang	sedang <sup>15</sup>

Lapisan tanah yang bersifat *porous* (mampu menahan air) dan permeabel (mampu melakukan atau memindahkan air) disebut akifer. Pada dasarnya, air tanah dapat berasal dari air hujan (presipitasi), baik melalui proses infiltrasi secara langsung ataupun secara tak langsung dari air sungai, danau, rawa dan genangan air lainnya. Dinamika pergerakan air tanah pada hakekatnya terdiri atas pergerakan horizontal air tanah, infiltrasi air hujan, sungai, danau dan rawa ke lapisan akifer dan menghilangnya atau keluarnya air tanah melalui spring (sumur), pancaran air tanah serta aliran air tanah memasuki sungai dan tempat-tempat lain yang merupakan tempat keluarnya air tanah.<sup>16</sup>

#### c. Air Angkasa

Air angkasa merupakan air yang berasal dari atmosfer, seperti hujan dan salju.

<sup>15</sup> Hefni Effendi, *Telaah Kualitas Air*, Yogyakarta: PT Kanisius, 2003, h.46

<sup>16</sup> *Ibid*, h.46

#### 4. Peranan Air

Air adalah nutrisi paling penting dalam kehidupan. Komposisi air dalam tubuh manusia mencapai 80%, setiap sel dalam tubuh manusia membutuhkan air untuk hidup sehat. Manusia kehilangan sekitar 3 liter air setiap harinya lewat pembuangan urine, keringat dan uap air.

Kebutuhan air bervariasi setiap individu, tergantung pada kondisi subjek yang bersangkutan, jumlah latihan fisik, serta pada suhu lingkungan dan kelembaban. Air sangat penting untuk pertumbuhan dan pemeliharaan tubuh karena terlibat dalam sejumlah proses biologis.<sup>17</sup>

Berbagai elemen penting yang terdapat dalam air minum di antaranya berperan dalam proses metabolisme seperti Natrium, Kalium dan Klorida adalah bahan kimia yang umum ditemukan dalam jumlah kecil di perairan, dan unsur-unsur tersebut berperan dalam proses metabolisme tubuh. Untuk mempertahankan tingkat air dalam tubuh manusia memiliki dua sistem regulasi, yaitu rasa haus, yang berahir dengan masukan yang lebih besar dari air, serta ginjal. Ginjal dapat mengirimkan air dalam jumlah besar atau hanya setengah liter per hari, tergantung pada asupan minuman. Untuk mengetahui apakah asupan air cukup, dapat diketahui dengan memperhatikan warna urin. Bila didapatkan urine berwarna kuning gelap kecoklatan menunjukkan

---

<sup>17</sup> Meta Fauziah, *Sehat Dengan Air Putih*, Surabaya: Stomata, 2011, h.14

asupan air yang tidak kuat, sedangkan asupan air yang cukup akan dicirikan dengan urin yang berwarna kuning jernih.<sup>18</sup>

## 5. Standarisasi Kualitas Air Minum

Perairan alami mempunyai sifat yang dinamis dan aliran energi yang kontinue selama sistem didalamnya tidak mendapatkan gangguan atau hambatan, antara lain dalam bentuk pencemaran.

Rumus kimia air di lingkungan laboratorium adalah  $H_2O$ , tetapi pada kenyataannya dalam rumus tersebut menjadi  $H_2O + X$ , dimana  $X$  berbentuk karakteristik biologi (bersifat hidup) ataupun berbentuk non biologi (bersifat tak hidup), untuk membuktikannya adalah dengan jalan melakukan pemeriksaan terhadap kualitas air secara laboratoris.<sup>19</sup>

Penentuan kualitas air dapat dilakukan dengan melihat beberapa aspek berikut:

### a. Kualitas biologi

Menurut ketentuan Standar Nasional Indonesia (SNI), kualitas air ditentukan oleh kehadiran mikroorganisme dalam air. Jasad-jasad hidup yang mungkin ditemukan dalam sumber-sumber air antara lain golongan bakteri, ganggang, cacing serta plankton. Kehadiran bentuk-bentuk tidak diharapkan dalam air, hal ini dikarenakan berbagai mikroorganisme dapat menyebabkan penyakit di samping pengaruh lain seperti timbulnya rasa dan bau.

---

<sup>18</sup> *Ibid*, h.16

<sup>19</sup> Unus Suriawiria, *Mikrobiologi Air*, Bandung: PT Alumni, 2008, h.24

b. Kualitas fisik

Karakteristik fisik yang umum dianalisis dalam penentuan kualitas air meliputi kekeruhan, temperatur, warna, bau dan rasa. Kekeruhan air dapat ditimbulkan oleh adanya bahan-bahan organik dan anorganik yang terkandung dalam air seperti lumpur, dan bahan-bahan yang dihasilkan oleh buangan industri.

c. Kualitas kimia

Adanya masalah-masalah seperti senyawa-senyawa kimia yang beracun, perubahan rupa, warna dan rasa, serta reaksi-reaksi yang tidak diharapkan menyebabkan diadakannya standar kualitas kimia air minum. Standar kualitas kimia air dan yang diperkenankan bagi berbagai parameter kimia, karena pada konsentrasi yang berlebihan kehadiran unsur-unsur tersebut di dalam air akan memberikan pengaruh-pengaruh negatif, baik dari segi kesehatan maupun dari segi pemakaian lain.

Bila air minum tidak memenuhi syarat-syarat tersebut maka air dapat dikatakan tidak layak untuk dikonsumsi sebab jika dikonsumsi akan berdampak tidak baik untuk kesehatan. Seperti halnya air tanah yang tampak bersih akan tetapi bisa saja mengandung bakteri pencemar seperti bakteri golongan *coli* karena bakteri coli ini berasal dari tinja manusia ataupun hewan.

## 6. Parameter Kualitas Air

Kelayakan konsumsi air sebagai air minum dilihat dari indikator fisik yaitu berdasarkan kualitas warna, rasa dan aroma. Indikator kimia, misalnya nilai pH, nilai BOD dan COD air dan masih banyak lagi. Indikator mikrobiologi meliputi kehadiran bakteri *Coliform* yang merupakan indikator terkontaminasinya sumber air terhadap feses (*Coliform fecal*) atau buangan sampah dan bangkai hewan serta lain-lain (*Coliform non fecal*).

Adanya materi fekal dalam air minum sangat tidak diharapkan, karena dapat menyebabkan terjadinya infeksi seperti diare, diare berdarah, meningistis dan peritonistis dan gangguan pencernaan lainnya. Kehadiran mikroorganisme tersebut menjadi indikator biologi rendahnya kualitas air.<sup>20</sup>

### a. Parameter Alami

Di bidang mikrobiologi air, beberapa jasad tertentu khususnya bakteri dan mikroalga, kehadirannya dapat digunakan sebagai jasad parameter/indikator alami terhadap kehadiran pencemar organik, misalnya, bakteri *Spaerotilus*, kehadirannya dapat menjadi petunjuk terhadap kandungan senyawa organik tinggi di dalam badan air, juga mikroalga *Anabaena* dan *Microcystis* dapat menjadi petunjuk untuk kehadiran senyawa fosfat tinggi di dalam badan air, sedang mikroalga kersik (Diatom) lebih

---

<sup>20</sup> Unus Suriawiria, *Mikrobiologi Air dan Dasar-Dasar Pengolahan Buangan Secara Biologis*, Bandung: Alumni, 2008, h.79

cenderung menjadi petunjuk terhadap kehadiran senyawa kimia yang bersifat toksik yang terdapat di dalam badan air. Kehadiran materi fekal (dari tinja) di dalam air dapat diketahui dengan adanya kelompok bakteri *coli*.<sup>21</sup>

Kehadiran materi fekal di dalam air minum, sangat tidak diharapkan, baik ditinjau dari segi estetika, sanitasi, maupun terjadinya infeksi yang berbahaya. Jika di dalam 100 ml contoh air didapatkan 500 sel bakteri *coli* kemungkinan terjadinya *gastroenteritis* yang segera diikuti oleh demam tifus. *Escherichia coli* sebagai salah satu contoh jenis *coli*, pada keadaan tertentu dapat mengalahkan mekanisme pertahanan tubuh, sehingga dapat tinggal di dalam blader (*cystitis*) dan pelvis (*pyelitis*) ginjal dan hati, dan sangat mengkhawatirkan. Juga bakteri tersebut dapat menyebabkan diare, *septicemia*, *peritonitis*, *meningitis* dan infeksi-infeksi lainnya.<sup>22</sup>

Sejumlah tinja yang setiap hari dihasilkan oleh manusia antara 100-150 gram, ternyata di dalamnya terkandung sekitar  $3 \times 10^{11}$  (atau 300 milyar) sel bakteri *coli*, sehingga kehadiran bakteri *coli* di dalam badan air dihubungkan dengan telah terjadinya kontaminasi fekal, yaitu lebih tinggi kandungan bakteri *coli*, lebih

---

<sup>21</sup> Unus Suriawiria, *Mikrobiologi Air dan Dasar-Dasar Pengolahan Buangan Secara Biologis*, Bandung: Alumni, 2008, h.86

<sup>22</sup> *Ibid*, h.86

kotor dan tidak memenuhi syarat keadaan air tersebut untuk kepentingan manusia, khususnya air minum.<sup>23</sup>

b. Parameter Fisik

Syarat air minum dilihat dari segi fisik dapat ditinjau dari beberapa segi meliputi warna, rasa dan aroma/bau, air minum yang berbau selain tidak estetik juga tidak akan disukai oleh masyarakat. Bau air dapat memberi petunjuk akan kualitas air. Misalnya, bau amis dapat disebabkan oleh *algae* serta oleh adanya gas seperti H<sub>2</sub>S yang terbentuk dalam kondisi anaerobik dan oleh adanya senyawa-senyawa organik tertentu. Berdasarkan segi estetika, air yang berbau dan mempunyai rasa sangat tidak menyenangkan untuk diminum. Bau dan rasa dalam air juga dapat menunjukkan kemungkinan adanya organisme penghasil bau dan rasa yang tidak enak serta adanya senyawa-senyawa asing yang mengganggu kesehatan.<sup>24</sup>

Kekeruhan dalam air dihubungkan dengan kemungkinan pencemaran oleh air buangan. Air yang mengandung kekeruhan tinggi akan sukar disaring dan mengakibatkan biaya pengolahan menjadi lebih tinggi. Air minum biasanya tidak memberi rasa atau tawar. Air yang tidak tawar dapat menunjukkan adanya kandungan berbagai zat yang dapat membahayakan kesehatan. Suhu air

---

<sup>23</sup> *Ibid*, h.87

<sup>24</sup> Juli Soemirat Slamet, *Kesehatan Lingkungan*, Jakarta: Gadjah Mada University Press, 2009, h.111

sebaiknya sejuk atau tidak panas, terutama agar tidak terjadi pelarutan zat-zat kimia. Selain itu, kekeruhan air menyebabkan hambatan bagi proses desinfeksi. Oleh karena itu kekeruhan air harus dihilangkan dari air yang akan dipergunakan untuk minum.<sup>25</sup>

Pemantauan kualitas air selain ditinjau dari aspek aroma/bau, sebaiknya tidak berwarna/jernih untuk alasan estetis dan untuk mencegah keracunan dari berbagai zat kimia maupun organisme yang berwarna. Warna dapat disebabkan adanya tannin dan asam humat yang terdapat secara alamiah di air rawa, berwarna kuning muda menyerupai urin. Warna pun dapat berasal dari buangan industri.<sup>26</sup>

Warna perairan biasanya dikelompokkan menjadi dua yaitu: warna sesungguhnya (*true color*) dan warna tampak (*apparent color*). Warna sesungguhnya adalah warna yang hanya disebabkan oleh bahan-bahan kimia terlarut. Warna tampak adalah warna yang tidak hanya disebabkan oleh bahan terlarut, tetapi juga oleh bahan tersuspensi. Warna perairan ditimbulkan oleh adanya bahan organik dan bahan anorganik karena keberadaan plankton, humus dan ion-ion logam (misalnya besi dan mangan), adanya oksida besi menyebabkan air berwarna kemerahan, sedangkan oksida mangan menyebabkan air berwarna kecoklatan atau

---

<sup>25</sup> Unus Suriawiria, *Mikrobiologi air dan Dasar-Dasar Pengolahan Buangan Secara Biologis*, Bandung: Alumni, 2008, h.90

<sup>26</sup> Juli Soemirat Slamet, *Kesehatan Lingkungan*, Jakarta: Gadjah Mada University Press, 2009, h.112



kehitaman. Warna dapat diamati secara visual (lansung) ataupun diukur berdasarkan skala platinum kobalt (dinyatakan dengan satuan PtCo), dengan membandingkan warna air sampel dan warna standar.<sup>27</sup>

c. Parameter Kimia

Persyaratan kimia untuk air minum memiliki parameter yang paling banyak jika dibandingkan dengan parameter lainnya, kelayakan konsumsi air pada parameter kimia adalah bahwa air yang tidak mengandung senyawa anorganik maupun tidak adanya kandungan senyawa logam berat yang terkandung didalamnya. Standar kualitas air memberikan batas konsentrasi maksimum yang dianjurkan dan diperkenankan bagi berbagai parameter kimia, karena pada konsentrasi yang berlebihan kehadiran unsur-unsur tersebut di dalam air akan memberikan pengaruh-pengaruh negatif baik bagi kesehatan maupun dari segi pemakaian lainnya.<sup>28</sup>

Kualitas air secara kimia meliputi nilai pH, kandungan senyawa kimia di dalam air, kandungan residu atau sisa, misalnya residu pestisida, deterjen, kandungan senyawa toksik/racun. Pembatasan pH dilakukan karena akan mempengaruhi rasa, korosifitas air dan efesiensi klorinasi. Pengaruh yang menyangkut aspek kesehatan daripada penyimpangan standar kualitas air

---

<sup>27</sup> Hefni Effendi, *Telaah Kualitas Air*, Yogyakarta: Kanisius, 2003, h.62

<sup>28</sup> *Ibid*, h. 92

minum dalam hal pH dapat menyebabkan beberapa senyawa kimia berubah menjadi racun yang sangat mengganggu kesehatan.<sup>29</sup>

Pengaturan nilai pH diperkenankan sampai batas yang tidak merugikan karena efeknya terhadap rasa, korosifitas dan efisiensi klorinasi. Beberapa senyawa asam dan basa yang bersifat toksik dalam bentuk molekuler, tempat disosiasinya senyawa-senyawa tersebut dengan zat lain, dipengaruhi oleh nilai pH. Misalnya logam berat di dalam suasana asam akan lebih toksik/beracun kalau dibandingkan pada suasana basa.<sup>30</sup>

Pada dasarnya, asiditas (keasaman) tidak sama dengan pH. Asiditas melibatkan dua komponen, yaitu jumlah asam baik asam kuat maupun asam lemah (misalnya asam karbonat dan asam asetat) dan konsentrasi ion hidrogen. Asiditas menggambarkan kapasitas kuantitatif air untuk menetralkan basa hingga pH tertentu yang dikenal dengan sebutan *base neutralizing capacity* (BNC), sedangkan pH hanya menggambarkan konsentrasi ion hidrogen. Selain itu pH juga berkaitan erat dengan karbondioksida dan alkalinitas. Pada  $\text{pH} < 5$ , alkalinitas dapat mencapai nol. Semakin tinggi nilai pH, semakin tinggi pula nilai alkalinitas dan semakin

---

<sup>29</sup> Unus Suriawiria, *Mikrobiologi Air dan Dasar-Dasar Pengolahan Buangan Secara Biologis*, Bandung: Alumni, 2008, h.92

<sup>30</sup> Unus Suriawiria, *Air Dalam Kehidupan dan Lingkungan Yang Sehat*, Bandung: Alumni, 2005, h.85

rendah kadar karbondioksida bebas. Larutan yang bersifat asam (pH rendah) bersifat korosif.<sup>31</sup>

Nilai pH pada air juga mempengaruhi toksisitas suatu senyawa kimia. Senyawa amonium yang dapat terionisasi banyak ditemukan pada perairan yang memiliki pH rendah. Ammonium bersifat tidak toksik (*innocuous*). Namun, pada suasana alkalis (pH tinggi) lebih banyak ditemukan ammonia yang tak terionisasi (*unionized*) dan bersifat toksik. Ammonia tak terionisasi ini lebih mudah terserap ke dalam tubuh organisme aquatik dibandingkan dengan amonium. Sebagian besar biota aquatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai nilai pH sekitar 7- 8,5. Nilai pH sangat mempengaruhi proses biokimiawi perairan, misalnya proses nitrifikasi akan berahir jika pH rendah. Toksisitas logam memperlihatkan peningkatan pada pH rendah.<sup>32</sup>

Alkalinitas adalah gambaran kapasitas air untuk menetralkan asam atau dikenal dengan sebutan *Acid Neutralizing Capacity* (ANC) atau kuantitas anion di dalam air yang dapat menetralkan kation hidrogen. Alkalinitas juga diartikan sebagai kapasitas penyangga (*buffer capacity*) terhadap perubahan pH perairan. Penyusun alkalinitas perairan adalah anion bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ), karbonat ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) dan hidroksida ( $\text{OH}^-$ ).<sup>33</sup>

---

<sup>31</sup> Hefni Effendi, *Telaah Kualitas Air*, Yogyakarta: PT Kanisius, 2003, h.73

<sup>32</sup> *Ibid*, h.73

<sup>33</sup> *Ibid* h.94

#### d. Parameter Mikrobiologi

Kualitas air secara mikrobiologi, ditentukan oleh banyak parameter yaitu, mikroba pencemar, patogen dan penghasil toksin. Misalnya kehadiran mikroba, khususnya bakteri pencemar tinja (*Escherichia coli*) di dalam air, sangat tidak diharapkan apalagi kalau air tersebut untuk kepentingan hidup manusia (rumah tangga).<sup>34</sup>

Pemerintah telah mengatur dalam keputusan Menteri Kesehatan Nomor: 492/MENKES/SK/IV/2010 bahwa untuk parameter mikrobiologi adalah negatif/100 ml atau nol dalam 100 ml dan total bakteri koliform juga nol dalam 100 ml air.<sup>35</sup>

##### 1) Bakteri *Coliform*

Faktor mikrobiologis merupakan salah satu indikator biologis kualitas anitasi air mineral yang berhubungan dengan kehadiran mikroba patogen, pencemar dan penghasil toksin. Dalam bidang mikrobiologi pangan, mikroorganisme yang dijadikan indikator biologis adalah kehadiran bakteri, karena bakteri merupakan organisme sederhana yang hampir dijumpai disemua lingkungan alami. Kehadiran mikroorganisme merupakan indikator tercemar atau tidaknya suatu bahan pangan, misalnya bakteri *Coliform*. jika dalam bahan pangan

---

<sup>34</sup> Unus Suriawiria, *Air Dalam Kehidupan dan Lingkungan Yang Sehat*, Bandung: Alumni, 2005, h.86

<sup>35</sup> PERMENKES, 2010

ditemukan bakteri *Coliform*, maka dapat dinyatakan bahan pangan tersebut telah terkontaminasi fases, karena bakteri *Coliform* lazim hidup pada sepanjang saluran pencernaan (usus) manusia.

Fardiaz (1993) mengelompokkan bakteri *Coliform* menjadi 2 kelompok, yaitu kelompok *Coliform fekal* dan *Coliform non fekal*. Kelompok bakteri *Coliform fekal* merupakan kelompok bakteri yang hidup disepanjang saluran pencernaan manusia dan hewan, sehingga sering di temukan di dalam feses, misalnya genera, *E.coli*. sedangkan kelompok bakteri *Coliform non fekal* merupakan non flora normal dalam saluran pencernaan, tetapi sering ditemukan pada tanaman atau hewan yang telah mati (bangkai) serta menimbulkan lendir, misalnya *Enterobacter aerogenes*. Jika pada makanan atau minuman ditemukan sekelompok bakteri tersebut, dapat ditarik dugaan kemungkinan terkontaminasinya makanan atau minuman tersebut dengan bangkai, dan dapat dikatakan tidak layak konsumsi.<sup>36</sup>

---

<sup>36</sup> Dikutip dari Ferdiaz dalam Noor Hujjatusnaini, "Kajian Tentang Kualitas Mikrobiologi Berdasarkan Nilai MPN *Coliform*, *Colifor fekal*, Dan Jumlah Koloni *Escherichia coli*, Kualitas Fisik Dan Kimia Air Minum Isi Ulang Di Kota Palangkaraya Sebagai Bahan Penunjang Praktikum Mikrobiologi", Tesis, Malang: UNIVERSITAS NEGERI MALANG, 2009, h.34

Sifat-sifat bakteri *Coliform* yang penting adalah:

- a) Mampu tumbuh baik pada beberapa jenis substrat dan dapat menggunakan berbagai jenis karbohidrat dan komponen organik lain sebagai sumber energi dan beberapa komponen nitrogen sederhana sebagai sumber nitrogen.
  - b) Bersifat gram negatif, berbentuk batang, kebanyakan motil, fakultatif anaerob, resistan terhadap berbagai macam zat aditif.
  - c) Mampu hidup pada berbagai substrat dengan menggunakan karbohidrat dan senyawa organik lainnya sebagai sumber energi.
  - d) Mempunyai sifat dapat mensintesa vitamin.
  - e) Mempunyai interval suhu pertumbuhan antara 10-46,500°C.
  - f) Mampu menghasilkan asam dan gas gula serta *off flavor* dan lendir pada makanan.
  - g) Mampu menghilangkan rasa pada bahan pangan.
- Pseudomonas aerogenes* dan dapat menyebabkan pelendiran.<sup>37</sup>

---

<sup>37</sup>Sofiyan Zuhri, "Pemeriksaan Mikrobiologis Air Minum Isi Ulang di Kecamatan Jebres kota Surakarta", Skripsi, Surakarta: Vakultas Farmasi Universitas Muhamadiyah, 2009, h.8 t.d

## 2) Bakteri *Escherichia coli*

Golongan bakteri *coli*, merupakan jasad indikator di dalam substrat air, bahan makanan dan sebagainya untuk kehadiran jasad berbahaya yang mempunyai persamaan sifat: gram negatif berbentuk batang, tidak membentuk spora dan mampu memfermentasikan kaldu laktosa pada temperatur 37°C dengan membentuk asam dan gas di dalam 48 jam<sup>38</sup>.

Bakteri *Escherichia coli* adalah kuman oportunistis yang banyak ditemukan di dalam usus besar manusia sebagai fauna normal. Sifatnya unik karena dapat menyebabkan infeksi primer pada usus, misalnya diare pada anak, seperti juga kemampuannya menimbulkan infeksi pada jaringan tubuh lain di luar usus. Jenis *Escherichia coli* terdiri dari 2 species yaitu: *Escherichia coli* dan *Escherichia hermanis*. *Escherichia coli* sebagai salah satu contoh terkenal mempunyai beberapa spesies hidup di dalam saluran pencernaan makanan manusia dan hewan berdarah panas. *Escherichia coli* mula-mula diisolasi oleh *Escherich* (pada tahun 1885) dari tinja bayi. Sejak diketahui bahwa jasad tersebut tersebar pada semua individu, maka analisis bakteriologi air minum ditujukan pada semua

---

<sup>38</sup> *Ibid*, h.8

individu, maka analisis bakteriologi air minum ditujukan kepada kehadiran jasad tersebut<sup>39</sup>.

Berdasarkan sifat patogenik dan produksi toksinnya, strain enteropatogenik *E.coli* (EPEK) dapat dibedakan menjadi dua grup. Grup satu terdiri dari strain yang bersifat patogenik, tetapi tidak dapat memproduksi toksin. Sedangkan grup dua terdiri dari strain yang memproduksi enterotoksin, dan menyebabkan gejala enterotoksigenik, menyerupai gejala penyakit kolera yang disebabkan oleh *Vibrio cholerae*. Strain yang termasuk grup dua ini disebut *E.coli* enterotoksigenik (ETEC atau ETEK) dan merupakan bakteri penyebab diare yang banyak menyerang bayi (anak-anak dibawah dua tahun).<sup>40</sup>

Pada perkembangannya sejauh ini ada empat kelas *Escherichia coli* yang bersifat enterovirulen, yaitu enteropatogenik (EPEC), *Escherichia coli* enterotoksigenik (ETEC), *Escherichia coli* enteroinvasif (EIEC), dan *Escherichia coli* enterohemoragik (EHEC).

*Escherichia coli* enteropatogenik (EPEC) menyebabkan diare yang parah pada bayi, EPEC menghasilkan dua jenis toksin yang bersifat stabil dan agak labil terhadap panas dan menyebabkan diare pada anak serta bayi, yaitu penyakit yang

---

<sup>39</sup> *Ibid.* h. 9-10

<sup>40</sup> Imam Supardi dan Sukamto, *Mikrobiologi Dalam Pengolahan dan Keamanan Pangan*, Bandung: Alumni, 1999, h.187



mirip dengan kolera dan diare petualang (ditularkan lewat air dan makanan). ETEC menginfeksi dan berproliferasi di dalam sel epitel mukosa, sehingga tidak jarang menimbulkan colonic epithelial cell death. *Escherichia coli* enterohemoragik (EHEC) mampu mengeluarkan shiga-like toxins, yang menyebabkan dua macam sindrom, yaitu hemoragik colitis dan HUS. Toksin ini pula yang bertanggung jawab terhadap gejala sisa sistemik akibat penyakit ini.<sup>41</sup>

Faktor yang mempengaruhi sifat patogenik *E. coli* salah satu adalah kemampuan untuk melakukan adhesi pada sel-sel hewan dan manusia. Kemampuan adhesi ini diduga disebabkan oleh adanya fimbria atau pili yang dapat menyebabkan adhesi dan kolonisasi strain ETEC pada hewan dan manusia terdiri dari beberapa tipe antigenik. *E. coli* patogen menimbulkan sindroma klinik yaitu gastroenteritis akut yang menyerang terutama anak-anak dibawah 2 tahun. Infeksi di luar saluran pencernaan seperti infeksi saluran kemih, abses usus buntu, peritonitis, radang empedu dan infeksi pada luka bakar.<sup>42</sup>

---

<sup>41</sup> Arisman, *Keracunan Makanan*. Buku Kedokteran: EGC, 2002, h. 95

<sup>42</sup> *Ibid*, h.189

## 7. Kualitas air berdasarkan SNI

Parameter kualitas air minum berdasarkan SNI 01-3553-1996

dapat dijabarkan pada Tabel 2.2 berikut.

No	Parameter	Satuan	Persyaratan	Teknik pengujian
	<b>Fisik</b>			
1	Bau	-	Tdk berbau	Visual
2	Rasa	-	Normal	Visual
4	Warna	Unit PtCo	Maks.5	Spektrophotometri
	<b>Kimia</b>			
1	Ph	-	6,5-8,5	pH meter
2	Kekeruhan	NTU	Maks.5	Spektrophotometri
3	Kesadahan sebagai (CaCo <sub>3</sub> )	mg/l	Maks. 150	Titrimetri
4	Zat yang terlarut	mg/l	Maks. 500	Gravimetri
5	Zat organik (angka Kmn O <sub>4</sub> )	mg/l	Maks.1,0	Gravimetri
6	Nitrat (NO <sub>3</sub> )	mg/l	Maks. 45	Spektrophotometri (Brusin)
7	Nitrit (NO <sub>2</sub> )	mg/l	Maks.0,005	Spektrophotometri (NET)
8	Amonium (NH <sub>4</sub> )	mg/l	Maks. 0,15	Spektrophotometri (Nesler)
9	Sulfat (SO <sub>4</sub> )	mg/l	Maks. 200	Spektrophotometer
10	Klorida (Cl)	mg/l	Maks. 250	Argenometri
11	Fluoride (F)	mg/l	Maks. 1	Spektrophotometer
12	Sianida (CN)	mg/l	Maks. 0,05	Distilasi
	<b>Cemaran AAS</b>			
1	Besi (Fe)	mg/l	Maks. 0,3	AAS
2	Mangan (Mn)	mg/l	Maks.0,005	AAS
3	Klor bebas	mg/l	Maks.0,1	Titrimetri
4	Timbal (Pb)	mg/l	Maks.0,005	AAS
5	Tembaga (Cu)	mg/l	Maks.0,5	AAS
6	Kadmium (Cd)	mg/l	Maks.0,005	AAS
7	Raksa (Hg)	mg/l	Maks.0,01	AAS
8	Arsen (As)	mg/l	Maks.0,05	AAS
	<b>Mikrobiologi</b>			
1	Angka lempeng total	Koloni/ml	Maks. 1,0x 10 <sup>5</sup>	TPC
2	Bakteri coli	APM/100ml	<2	MPN
3	C. perfringens	Koloni/ml	Negatif/100 ml	TPC
4	Salmonella	Koloni/ml	Negatif/100 ml	TPC <sup>43</sup>

**Tabel 2.2. Standar baku mutu kualitas air /100 ml.**

<sup>43</sup> KepMenKes No: 907/MENKES/SK/VII/2002

## B. Kerangka konseptual

Air adalah materi esensial dalam kehidupan. Sel hidup misalnya, baik tumbuh-tumbuhan ataupun hewan sebagian besar tersusun oleh air, yaitu lebih dari 75% isi sel tumbuh-tumbuhan atau lebih dari 67% isi sel hewan tersusun oleh air. Kebutuhan air untuk keperluan sehari-hari, berbeda untuk tiap tempat dan tiap tingkatan kehidupan.<sup>44</sup>

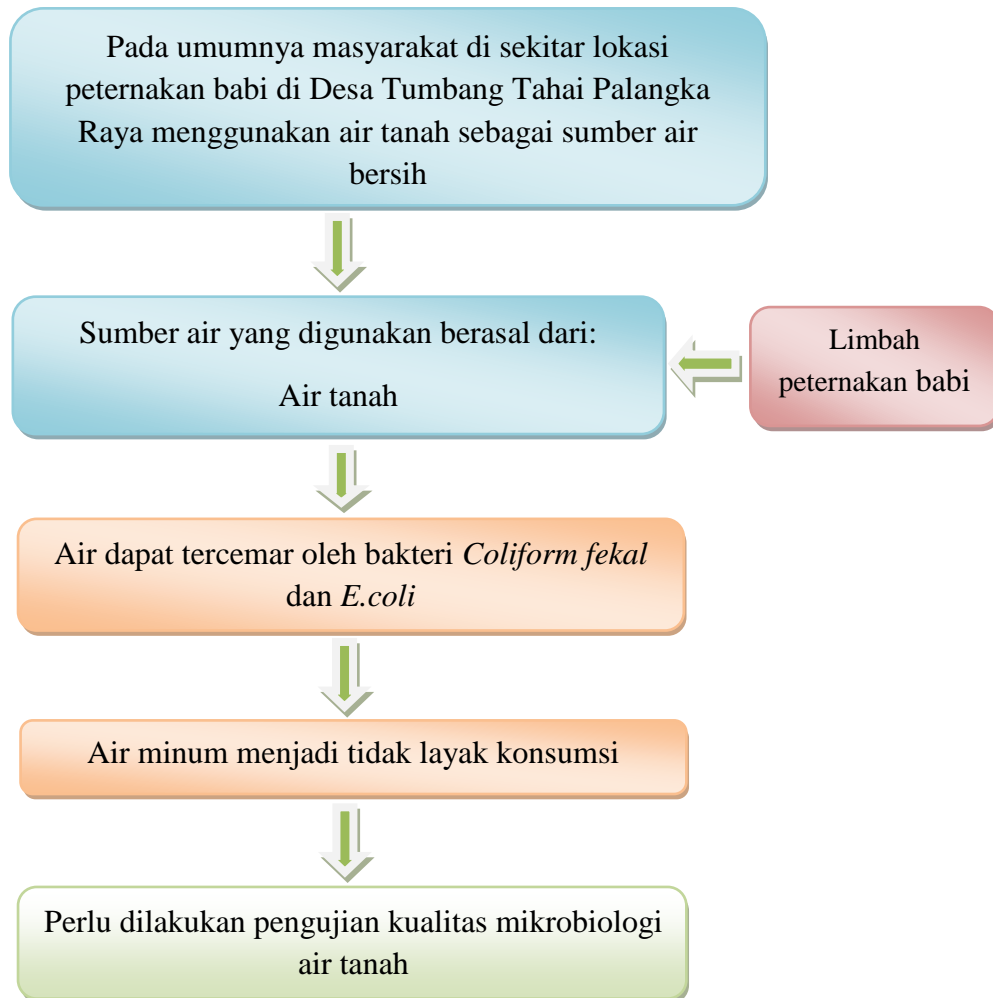
Masyarakat di sekitar lokasi peternakan babi di Tangkiling khususnya di Desa Tumbang Tahai menggunakan air tanah sebagai sumber air bersih. Karakteristik air tanah cukup bersih dibandingkan daerah Palangka Raya lainnya jika dilihat dari kualitas fisik. Akan tetapi, umumnya masyarakat setempat memiliki kandang ternak yang tidak berjauhan dengan sumber air yang mereka gunakan, sehingga peneliti berasumsi bahwa air tanah yang berada di sekitar lokasi peternakan babi tersebut kemungkinan tercemar atau terkontaminasi oleh bakteri *Coliform fecal* dan *E.coli* yang berasal dari limbah peternakan tersebut.

Fakta di atas menjadi landasan pemikiran bagi peneliti untuk meneliti bagaimana kualitas mikrobiologi air tanah di sekitar lokasi peternakan babi yang mayoritas masyarakat menggunakan air sebagai sumber pemenuhan kebutuhan air bersih, sementara kualitas dan kelayakan konsumsi air tanah sebagai sumber air bersih di daerah tersebut masih belum diketahui, sehingga permasalahan tersebut menjadi penting untuk diteliti.

---

<sup>44</sup> Unus Suriawiria. *Mikrobiologi Air dan Dasar-Dasar Pengolahan Buangan Secara Biologis*. Bandung: Alumni. 2008.h.5.

### Kerangka Konseptual Penelitian



**Gambar 2.2. Kerangka Konseptual Penelitian**

### C. Hipotesis Penelitian

1. Kualitas mikrobiologi air tanah di sekitar lokasi peternakan babi Desa Tumbang Tahai melebihi ambang batas maksimum Standar Nasional Indonesia (SNI) berdasarkan nilai MPN *Coliform*.
2. Air tanah di sekitar lokasi peternakan babi Desa Tumbang Tahai tidak layak konsumsi berdasarkan ketentuan SNI.